

## 中小港湾における航路・泊地埋没予測に対する3次元海浜変形モデルの適用性

鳥取大学 学生会員 ○外山悠・都倉幸太郎  
鳥取大学 正会員 黒岩正光・梶川勇樹

## 1. はじめに

中小港湾における航路・泊地埋没を防ぐ工法として、従来、浚渫や防砂突堤の新設や延伸などが行われている。浚渫に関しては一時的な対策に過ぎず、埋没が顕著な漁港では頻繁に行う必要があり、経済的な負担が大きく維持管理が難しい。新たな防砂突堤などの構造物を設置する場合や、効率良い浚渫場所や浚渫量などの設定などにおいては、的確な堆砂予測が必要である。従来、多くの数値モデルが提案されてきたが、波浪場の計算や漂砂量モデルの違いにより、結果が異なる場合もあり、未だ堆砂場所や堆砂量の把握が困難な状況である。したがって、適切な数値シミュレーションモデルが必要不可欠である。

本研究では、航路・泊地埋没予測のための3次元海浜変形モデルの構築を最終目的として、近年航路堆砂で悩まされている鳥根県久手港(図-1)を対象として、従来の3次元海浜変形モデルの適用性を検討することを目的とする。本研究では、特に、漂砂輸送に大きく寄与する海浜流場の計算に着目し、海浜流場の外力となる波浪場計算に位相モデルである非定常緩勾配方程式を用いた場合、位相平均モデルであるエネルギー平衡方程式を用いた場合を検討した。また、海浜流計算において渦動粘性係数の与え方についても検討した。

## 2. 計算モデルの概要

### 2.1 波浪場

波浪場においては間瀬ら(1999)<sup>1)</sup>の回折を考慮したエネルギー平衡方程式(以下EBモデル)と渡辺ら(1984)<sup>2)</sup>の非定常緩勾配方程式(以下MSモデル)の2つを使用した。

### 2.2 海浜流場

海浜流場の計算では、複雑な波と地形条件に対しても安定であること、計算所要時間が過大でないことの

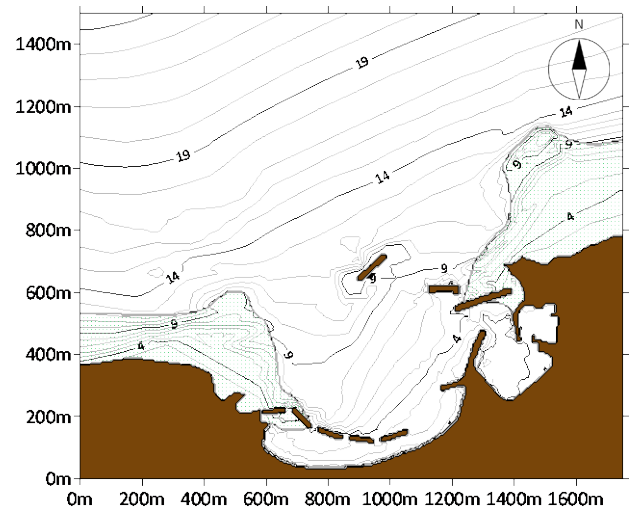


図-1 久手港周辺海域(薄緑色部分:岩礁域)

2点が必要となる。そこで海浜流の鉛直分布や戻り流れを算出することができる黒岩ら(1999)<sup>3)</sup>の準3次元モデル(Q3Dモデル)を適用する。また、海浜流場の計算において乱流モデルの取り扱いも重要であり、EBモデルでは、渦動粘性係数の計算によく用いられている離岸距離と長波波速と海底勾配の関数としたLonguet-Higgins式<sup>4)</sup>(以下L-Hモデル)と波高および波の水粒子速度をパラメータしたLarson-Kraus式<sup>5)</sup>(以下L-Kモデル)の2つを用いて海浜流計算の検討を行った。また、波浪モデルの違いによる海浜流場の計算も検討するため、MSモデルによる計算も行った。

### 2.3 漂砂量の計算

漂砂量は黒岩ら(2011)<sup>6)</sup>の岩礁域を考慮したモデルをベースとしており、掃流砂の計算は渡辺ら<sup>7)</sup>(1984)のモデルに準じたもので、岩礁上の層厚を考慮する算定方法に池野ら(2001)<sup>8)</sup>を参考とした。浮遊砂の計算において榎木ら(1984)<sup>9)</sup>の移流拡散方程式によるフラックスモデルを使用している。なお、初期状態における岩礁上の砂層厚は0とする。

キーワード 航路埋没, 3次元海浜変形, エネルギー平衡方程式, 非定常緩勾配方程式

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部海岸工学研究室 TEL 0857-31-5300

### 3. 現地地形におけるモデルの適用性

#### 3.1 現地調査結果

島根県久手港にて、2019年11月～2021年9月までの期間、深浅測量を行った。調査範囲は久手港及び久手港海岸の南北約1km×東西約1.6kmである。本研究では図-1に示した2020年9月に実施した測量結果を数値計算の初期地形として用いた。また2020年9月～2021年3月の測量結果から得られた地形変化を数値モデルとの比較対象（図-2）とした。図-2から冬季の高波浪によって港内に堆砂が生じていることがわかる。また、港外西側に堆砂、港口部北側防波堤と沖防波堤付近は侵食傾向があることが把握できる。

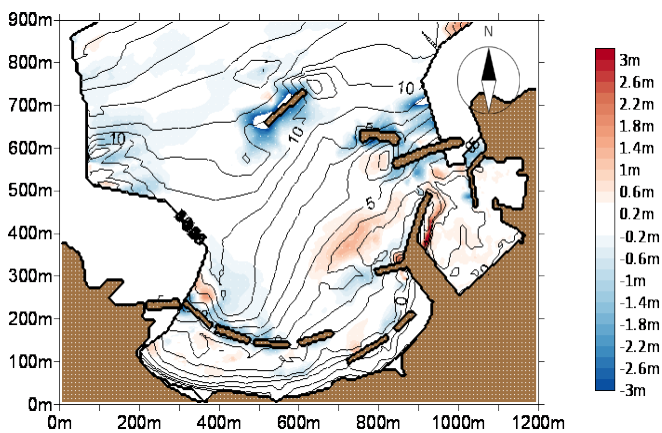


図-2 現地調査結果（2020年9月～2021年3月）  
（赤：堆積，青：侵食）

#### 3.2 各モデル間での流速分布の比較

現地調査結果から港内に堆砂が生じていることがわかった。そこで、表-1のような3つのモデルで冬季の高波浪を想定した計算を行った。本研究では、海浜流場の計算から得られた港内付近の海浜流向とその大きさから、港口付近から港内への堆砂が予想されるであろう海浜流モデルを再現計算へ使用するモデルとして選定した。

表-1 使用モデル

	波浪場	渦動粘性係数
モデルA	EBモデル	L-Hモデル
モデルB	EBモデル	L-Kモデル
モデルC	MSモデル	L-Hモデル

#### (1) 計算条件

対象となる計算範囲は図-1に示すとおり岸沖方向1,500m、沿岸方向1,750mとする。格子間隔は5m、底質の中央粒径を0.3mmとした。なお、緩勾配モデルにおいて岩礁域はないものとして計算する。

本研究の波浪条件は令和2年12月27日～令和3年3月1日の期間で実施した波浪観測結果をもとに設定した。波浪条件は波高4.5m、周期9.0s、波向き0°とし、海浜流における繰り返し回数を30000回、時間間隔を0.02sに設定した。

#### (2) 計算結果

海浜流場の計算結果を図-3に示す。モデルA（図-3(a)）は北側港口部から流入し西側港口部へ流出していく流れが確認できる。また、初期状態での岩礁上の砂層厚は0としているため、漂砂量は少ないことが予測される。よってこのモデルからは、港内への堆砂は期待できない。モデルB（図-3(b)）は両方の港口部から港内へ流入していることがわかる。よってこのモデルは港内への堆砂が期待できる。モデルC（図-3(c)）はモデルBと同様に港口部への流入が確認できるが、流速が比較的小さいことから堆砂傾向であることが予測できるものの大きな堆砂は期待できない。これらの結果からEBモデルとL-Kモデルを使用したモデルBを再現計算に適用する。

#### 3.3 現地地形におけるモデルの適用性

上記で選定した計算モデルを用いて地形変化を計算し、観測結果との比較をする。

#### (1) 計算条件

計算範囲は3.2で示したと同様の範囲とする。地形底質の中央粒径を0.3mmとし、初期状態における岩礁上の砂層厚は0とした。波浪条件は表-2に示すとおりである。

表-2 波浪条件

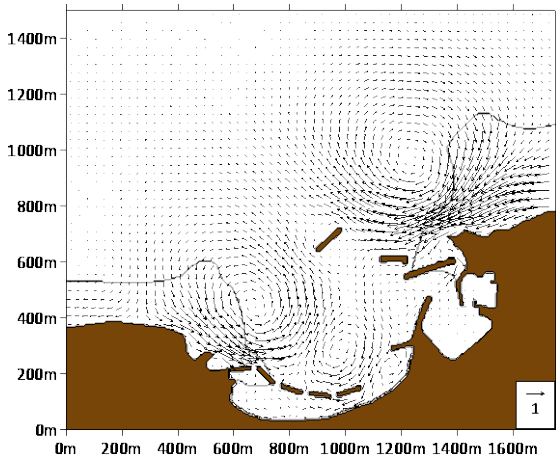
	波高 [m]	周期 [s]	波向き [°]	作用時間
case1	4.5	9.0	22.5	1日
case2			0	
case3			-22.5	

#### (2) 計算結果

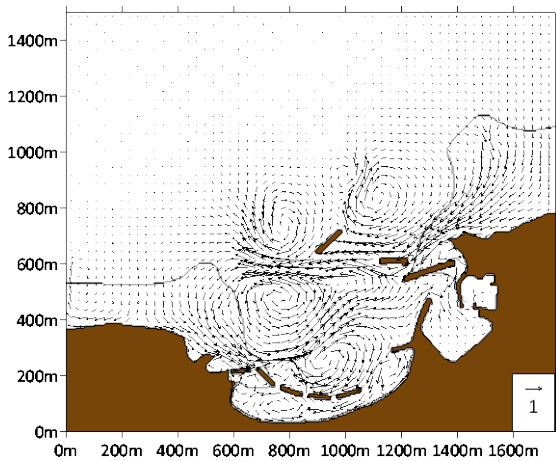
図-4から、西側方向に港口部が存在するため、case1のような北東方向の波向きでは港内への流れはそれほど大きくなく漂砂への影響は比較的小さいことがわか

る。一方、波向き北から北西にかけての波向きである case2, case3 では港内への流れが顕著に現れ、久手港海岸西側の砂浜海岸沖から港内に漂砂移動が発生していることが推測され、堆砂傾向にあることが確認できた。観測結果で港外側から東側に伸びる突堤付近に堆砂が確認されていたが、今回の計算では再現できなかった。また、港より北側の防波堤で浸食が生じていたが計算

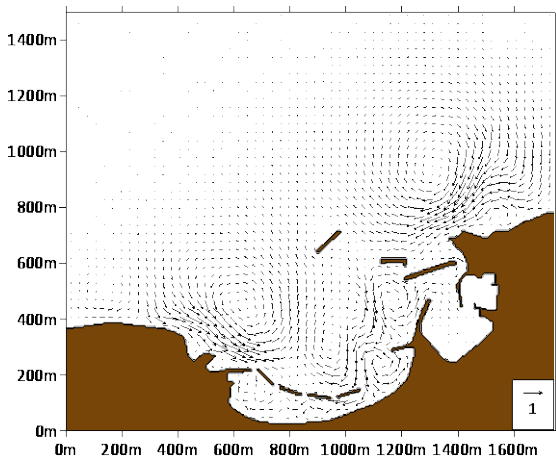
結果から再現できたといえる。砂浜海岸の正面に連なる離岸堤の背後（沖側）に侵食、前面（岸側）に堆積することが測量結果からわかったが、計算結果からは離岸堤全面の堆積は再現できたものの、離岸堤背後も堆積する傾向がみられた。



(a) モデル A

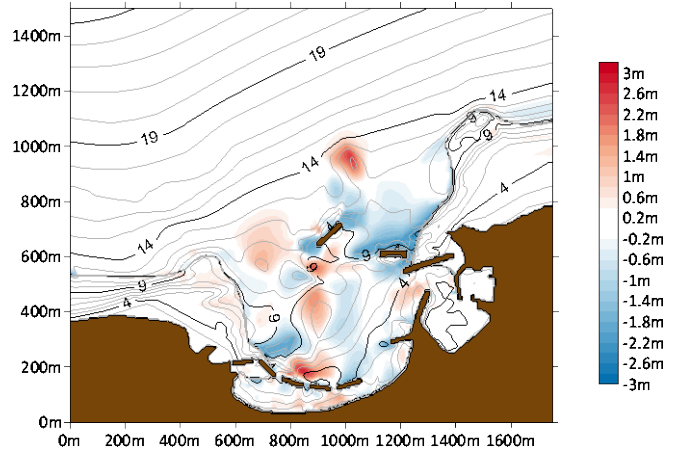


(b) モデル B

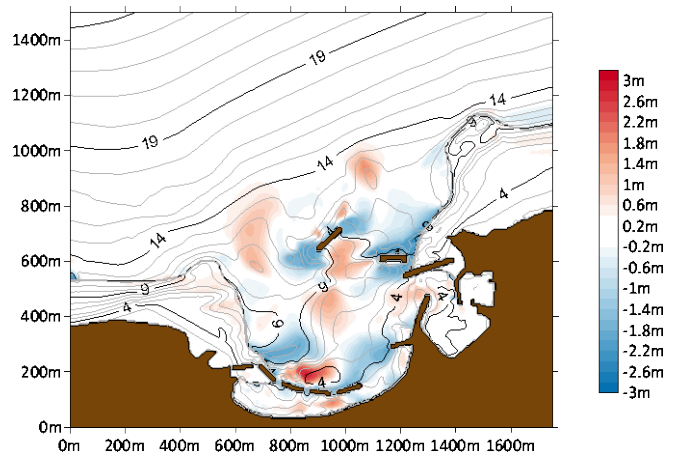


(c) モデル C

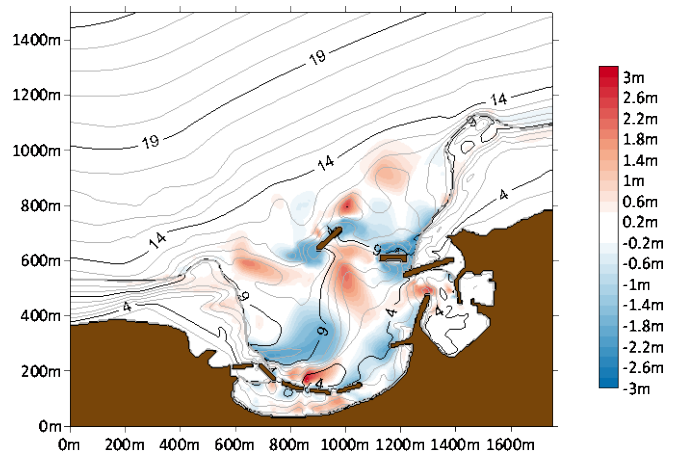
図-3 各モデルの流速分布



(a) case1 (22.5° : NNE)



(b) case2 (0° : N)



(c) case3 (-22.5° : NNW)

図-4 モデル B による計算結果  
(赤：堆積，青：侵食)

#### 4. おわりに

本研究では、3次元海浜変形モデルにおける海浜流場の計算に着目して、波浪場計算の2つ位相モデルや渦動粘性係数の与え方について検討するとともに、対象港湾の観測結果との比較からモデルの適用性も検討した。計算結果からモデル B（EB モデルと L-K モデル）を用いることで港内への堆砂を再現することができた。また、港湾より北側の沖防波堤付近の侵食の様子も概ね再現することができた。

最後に、本研究は島根県土木部港湾空港課との共同研究成果の一部であることを付記しておく。

び地形変動モデルに関する研究，土木学会論文集（海岸工学）第31巻，P.411-415，1984

#### 参考文献

- (1) 間瀬肇・高山知司・国富将嗣・三島豊秋：波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算モデルに関する研究，土木学会論文集 No.628，P.177-187，1999
- (2) 渡辺晃・丸山康樹：屈折・回折・碎波減衰を含む波浪場の数値解析法，土木学会論文集（海岸工学）第31巻，P. 103-107，1984
- (3) 黒岩正光・野田英明・加藤憲一・谷口丞・孫彰培：準3次元海浜流モデルを用いた構造物周辺の3次元海浜変形予測，土木学会，海岸工学論文集，第46巻，P. 616-620，1999
- (4) Longuet-Higgins, M.S : Longshore Currents Generated By Obliquely Incident Sea Waves, Parts 1 and 2, J. Geophys. Res., Vol. 75, pp.6778-6801, 1970
- (5) Larson, M. and Kraus, N. C. Numerical model of longshore current for bar and trough beaches, J. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng., ASCE, 117(4), pp.326-347, 1991
- (6) 黒岩正光・松原雄平・長谷川幸彦・市村康・吉津憲・小泉知義・三納正美・山本尚嗣：岩礁帯を考慮した3次元海浜変形予測モデルに関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学）Vol67 No.2, P.531-535，2011
- (7) 渡辺晃・丸山康樹・清水隆夫・榊山勉（1984）：構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル，海岸工学講演会論文集，第31巻，pp.406-410.
- (8) 池野正明・清水隆夫・小林英次・石井敏雅・斉藤知秀：露岩域を有する砂浜海岸に港湾を建設する場合の3次元海浜変形数値予測モデルの適用，土木学会論文集（海洋開発），第48巻，P.561-565，2001
- (9) 榎木亨，李宗隻，出口一郎：河口周辺の海浜流及